

KUAT TEKAN MORTAR DENGAN MENGGUNAKAN ABU TERBANG (*FLY ASH*) ASAL PLTU AMURANG SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL SEMEN

Rudolfo Wenno

Steenie E. Wallah, Ronny Pandaleke

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email : rwanno@gmail.com

ABSTRAK

Mortar merupakan campuran yang digunakan dalam pekerjaan bangunan non structural. Semen digunakan sebagai bahan ikat utama dalam pembuatan mortar. Pada proporsi tertentu nilai kuat tekan mortar justru menunjukkan penurunan kuat tekan. Salah satu cara memperbaiki kekuatan tekan mortar adalah dengan mensubstitusikan suatu bahan ke dalam semen.

Dalam penelitian ini digunakan abu terbang (fly ash) sebagai bahan substitusi parsial semen pada mortar. Metodologi penelitian menggunakan metode eksperimental di laboratorium. Benda uji yang digunakan untuk pemeriksaan kuat tekan adalah kubus 5cm x 5cm x 5cm dengan proporsi campuran 1Pc:3Ps, 1Pc:4Ps dan 1Pc:5Ps. Dari proporsi campuran ini masing-masing benda uji disubstitusikan abu terbang (fly ash) sebanyak 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% sebagai parsial semen, dan proporsi campuran 1Pc:8Ps benda uji disubstitusikan abu terbang (fly ash) pada kadar optimum dari ketiga proporsi campuran sebelumnya. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur perawatan mortar 7, 14 dan 28 hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan optimum proporsi 1Pc:3Ps, 1Pc:4Ps dan 1Pc:5Ps berturut-turut sebesar 27,71 MPa, 21,98 MPa dan 14,91 MPa, didapat dari campuran dengan substitusi parsial semen menggunakan abu terbang (fly ash) sebanyak 15%, 5% dan 15%. Pada proporsi 1Pc:8Ps didapat kuat tekan optimum dari campuran dengan substitusi parsial semen dengan abu terbang (fly ash) sebanyak 15%. Kuat tekan mortar yang menggunakan abu terbang (fly ash) sebagai substitusi parsial semen diperoleh f'_c optimum = 6,18 MPa dibandingkan dengan yang tidak menggunakan abu terbang (fly ash) f'_c minimum = 4,6 MPa. Kuat tekan kondisi optimum mengalami kenaikan sebesar 25,57% dari kuat tekan tanpa menggunakan abu terbang (fly ash) sebagai substitusi parsial semen.

Kata kunci: mortar, kuat tekan, abu terbang (fly ash), substitusi parsial.

PENDAHULUAN

Batubara sebagai sumber energi di beberapa industri antara lain industri pembangkit listrik, pembuatan dan pengolahan semen, kertas, tekstil, dan lainnya. Selama tahun 2006, produksi batubara di Indonesia mencapai 170 juta ton dimana 127 juta ton untuk memenuhi pasar ekspor dan sisanya untuk memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri.

Perkembangan industri yang pesat membawa kemajuan yang berarti bagi pembangunan perekonomian Indonesia. Akan tetapi dampak yang timbul dari adanya kegiatan-kegiatan industri tersebut adalah masalah limbah, masalah yang pada akhir-akhir ini mendapat perhatian dari pemerintah. Oleh karena itu, pemerintah berusaha mengembangkan industri yang bersih lingkungan dan mengembangkan penelitian

dalam penggunaan dan peningkatan daya guna limbah industri.

Mortar merupakan campuran yang terdiri dari agregat (pasir), air dan semen pada proporsi tertentu sebagai bahan perekat.

Penerapan mortar lebih cenderung pada pekerjaan non-struktural seperti plesteran dinding, perekat pasangan batu bata, spesi pada pondasi batu kali, plesteran pada pemasangan keramik, batako, *paving block*, buis beton, roster dan sebagainya. Dilihat dari fungsinya mortar yang baik harus awet/tahan lama, mudah di kerjakan, tahan terhadap unsur perusak.

Penerapan pencampuran mortar dalam pelaksanaan di lapangan masih cenderung tidak berubah, masyarakat masih menggunakan semen portland sebagai bahan pengikat utama. Pada proporsi campuran tertentu nilai kuat tekan mortar justru menunjukkan penurunan kuat tekan.

Oleh karena itu untuk memperbaiki mutu mortar dapat digunakan bahan yang mempunyai sifat pozzolan dengan maksud sebagai bahan tambah ataupun sebagai bahan substitusi parsial semen dengan harapan dapat menghasilkan mortar yang memiliki kuat tekan tinggi.

Abu terbang (*fly ash*) secara teknis didefinisikan sebagai bahan hasil pembakaran batubara pada tungku pembangkit listrik tenaga uap yang berbentuk halus, bundar dan bersifat pozzolanik.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai kuat tekan optimum mortar proporsi 1PC:3Ps, 1Pc:4Ps dan 1Pc:5Ps yang menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen, dengan penggantian abu terbang (*fly ash*) sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dari berat semen. Kemudian proporsi 1Pc:8Ps dengan penggantian abu terbang (*fly ash*) dari berat semen pada kadar optimum abu terbang (*fly ash*) tiga proporsi sebelumnya.

Komposisi campuran mortar menggunakan metode perbandingan berat. Pengujian yang dilakukan adalah uji kuat tekan dengan menggunakan benda uji berbentuk kubus berukuran 5cm x 5cm x 5cm yang dilakukan pada umur perawatan mortar 7, 14 dan 28 hari.

LANDASAN TEORI

Tjokrodinuljo (1996), mengatakan bahwa mortar yang baik harus mempunyai sifat seperti tahan lama (*awet*), murah, mudah dikerjakan (*diaduk, diangkut, dipasang dan diratakan*) melekat baik dengan pasangan batu, cepat kering atau keras, tahan terhadap rembesan air, tidak timbul retak-retak setelah dipasang.

Mortar

Manfaat dan Fungsi Mortar

Manfaat mortar sebagai bahan perekat dapat menutupi atau menghilangkan permukaan bata yang tidak rata untuk menyalurkan beban.

Fungsi dari mortar dalam plesteran untuk melindungi keawetan pasangan bata, meratakan permukaan tembok, pengikat antara pasangan bata yang satu dengan bata yang lain sehingga aksi komposit keduanya dapat terbentuk.

Spesifikasi Sifat Mortar

Persyaratan spesifikasi sifat mortar yang disiapkan di laboratorium harus terdiri dari suatu bahan pengikat bersifat semen, agregat dan air seluruhnya harus memenuhi persyaratan bahan.

Menurut ASTM C270 standar mortar berdasarkan kekuatannya dibedakan sebagai berikut:

- Mortar tipe M
Mortar tipe M adalah adukan dengan kuat tekan yang tinggi. Kuat tekan minimumnya 175 kg/cm².
- Mortar tipe N
Mortar tipe N adalah adukan kuat tekan sedang. kuat tekan minimumnya adalah 124 kg/cm².
- Mortar tipe S
Mortar tipe S adalah adukan dengan kuat tekan sedang. Kuat tekan minimumnya adalah 52,5 kg/cm².
- Mortar tipe O
Mortar tipe O adalah adukan dengan kuat tekan rendah. Kuat tekan minimumnya adalah 24,5 kg/cm².
- Mortar tipe K
Mortar tipe K adalah adukan dengan kuat tekan rendah. Kuat tekan minimumnya adalah 5,25 kg/cm².

Penggunaan Mortar Pada Pekerjaan Non-Struktural Seperti Berikut:

Bata Beton Berlubang (*Hollow Brick*).

Berdasarkan SK SNI S-04-1989-F, bata beton berlubang diklasifikasikan sesuai dengan pemakaiannya sebagai berikut :

- Bata beton berlubang mutu I
Bata beton berlubang yang digunakan harus mempunyai kekuatan tekan rata-rata minimum 7 MPa.
- Bata Beton Berlubang Mutu II
Bata beton berlubang yang digunakan harus mempunyai kuat tekan rata-rata 5 MPa.
- Bata Beton Berlubang Mutu III
Bata beton berlubang yang digunakan harus mempunyai kuat tekan rata-rata 3,5 MPa.
- Bata Beton Berlubang Mutu IV
Bata beton berlubang yang dipergunakan harus mempunyai kuat tekan rata-rata 2 MPa.

Paving Block

Berdasarkan SNI 03-0691-1996 Standar Kekuatan Fisik *Paving Block* untuk Lantai sebagai berikut :

- *Paving Block* mutu A

Paving Block yang digunakan untuk Pekerjaan Jalan dengan kuat tekan rata-rata 400 kg/cm², minimum 350 kg/cm².

- *Paving Block* mutu B
Paving Block yang digunakan untuk tempat parkir morbil dengan kuat tekan rata-rata 200 kg/cm², minimum 170 kg/cm².
- *Paving Block* mutu C
Paving Block yang digunakan untuk Pejalan kaki dengan kuat tekan rata-rata 150 kg/cm², minimum 125 kg/cm².
- *Paving Block* mutu D
Paving Block yang digunakan untuk taman kota dengan kuat tekan rata-rata 100 kg/cm², minimum 85 kg/cm².

Pembuatan Batako

Berdasarkan SNI-3-0349-1989 Standar kuat tekan batako pejal sebagai bahan bangunan dinding :

- Batako mutu I sebesar 9,7 MPa.
- Batako mutu II sebesar 6,7 MPa.
- Batako mutu III sebesar 3,7 MPa.
- Batako mutu IV sebesar 2 MPa.

Abu Terbang (*Fly Ash*) sebagai Bahan Substitusi Parsial

Abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan tambah dalam adukan dan campuran pembuatan semen sudah mulai sejak tahun 1930-an. Umumnya *specific gravity* material abu terbang (*fly ash*) berkisar Antara 1,9 - 2,55 kg/m³. berat jenis abu terbang (*fly ash*) dalam kondisi *loose* berkisar 540 – 860 kg/m³ dan dalam kondisi dipadatkan 1.120 – 1.500 kg/m³.

Karena mempunyai ukuran butiran yang ringan, halus dan bervariasi, secara umum ukuran abu terbang (*fly ash*) telah dimanfaatkan di pabrik semen sebagai substitusi batuan *trass* dengan memasukkannya pada *cement mill* menggunakan udara tekan (*pneumatic system*).

Disamping dimanfaatkan di industri semen abu terbang (*fly ash*) dapat juga dimanfaatkan menjadi campuran asphalt (*ready mix*), campuran beton (*concrete*) dan dicetak menjadi *paving block* atau batako.

Abu terbang (*fly ash*) yang digunakan untuk campuran pengganti sebagian semen dalam beton telah diatur dalam ACI *Manual of Concrete Practice 1993* Part 1 226.3R-3 dan ASTM C 618, dan dibagi menjadi 3 kelas :

- Abu Terbang (*Fly Ash*) Kelas F
Abu terbang (*fly ash*) yang mengandung CaO lebih kecil dari 10% yang dihasilkan dari

pembakaran bintumen batubara atau *Anthracite*.

Kadar (SiO₂+AL₂O₃+Fe₂O₃) > 70%

Kadar Kalsium (CaO) < 10% (ASTM 20%, CSA 8%)

Kadar karbon (C) (antara 5%-10%)

Abu terbang (*fly ash*) kelas F disebut juga low-Calcium, yang tidak mempunyai sifat cementitious dan hanya bersifat pozolan.

- Abu Terbang (*Fly Ash*) kelas C

Abu terbang (*fly ash*) yang mengandung CaO diatas 10% yang dihasilkan dari pembakaran sub-bitumen batubara (batubara muda)

Kadar (SiO₂+AL₂O₃+Fe₂O₃) > 50%

Kadar Kalsium (CaO) ≥ 10% (ASTM 20%, CSA 8-20%)

Kadar karbon (C) (antara 2%)

Abu terbang disebut juga *high-calcium Fly ash*, karena kandungan CaO yang cukup tinggi, *fly ash* tipe C mempunyai sifat cementitious selain juga sifat pozolan. Dengan kandungan CaO yang cukup tinggi dan mempunyai sifat semen, jika terkena air atau kelembaban akan berhidrasi dan mengeras dalam waktu sekitar 45 menit.

- Abu Terbang (*Fly Ash*) Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah diatomic, opaline chert, shales, tuff dan abu vulkanik, yang mana biasa diproses melalui pembakaran atau tidak melalui proses pembakaran, selain itu juga mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Tabel 1. Komposisi Kimia Abu Terbang

No	Senyawa	Kadar (%)
1.	SiO ₂ +AL ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	86.73
2.	CaO	25
3.	Berat Volume Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) (kg/m ³)	775,87
4.	Termasuk Abu Terbang (<i>Fly Ash</i>) Kelas	C

(Sumber: Balai Riset dan Standardisasi Industri Manado).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Volume Mortar

Hasil perhitungan berat volume rata-rata tiap proporsi campuran pada umur 1 hari dapat dilihat pada Tabel 2 – Tabel 5.

Tabel 2. Berat Volume Mortar Rata-rata pada Proporsi 1Pc:3Ps

Komposisi Campuran	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
Mortar Normal	2068.1
MKFA-5	2062.9
MKFA-10	2056.1
MKFA-15	2058.2
MKFA-20	2055.3
MKFA-25	2055.4

Tabel 3. Berat Volume Mortar Rata-rata pada Proporsi 1Pc:4Ps

Komposisi Campuran	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
Mortar Normal	2080.3
MKFA-5	2072.1
MKFA-10	2068.3
MKFA-15	2070.8
MKFA-20	2072.0
MKFA-25	2070.5

Tabel 4. Berat Volume Mortar Rata-rata pada Proporsi 1Pc:5Ps

Komposisi Campuran	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
Mortar Normal	2106.4
MKFA-5	2039.7
MKFA-10	2040.3
MKFA-15	2047.5
MKFA-20	2041.1
MKFA-25	2026.4

Tabel 5. Berat Volume Mortar Rata-rata pada Proporsi 1Pc:8Ps

Komposisi Campuran	Berat Volume Rata-rata (kg/m^3)
Mortar Normal	1844.2
MKFA-5	1831.7
MKFA-10	-
MKFA-15	1809.0
MKFA-20	-
MKFA-25	-

Tabel 6. Nilai Kuat Tekan Mortar Rata-Rata proporsi 1Pc:3Ps.

Komposisi Campuran	Kuat Tekan Mortar Rata-Rata, f_c (MPa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Mortar Normal	19.77	22.08	27.48
MKFA-5	17.46	21.15	25.21
MKFA-10	16.67	18.80	24.06
MKFA-15	17.11	22.29	27.71
MKFA-20	15.28	20.91	24.23
MKFA-25	16.72	22.11	26.12

Kuat Tekan Mortar

Hasil pengujian kuat tekan mortar rata-rata untuk setiap proporsi campuran dapat dilihat pada Tabel 6 – Tabel 9.

Hasil perhitungan kuat tekan mortar untuk proporsi campuran 1Pc:3Ps dapat dianalisa dalam bentuk grafik hubungan kuat tekan mortar terhadap persentase konsentrasi abu terbang (*fly ash*).

Gambar 1. Hubungan antara Kuat Tekan mortar rata-rata terhadap persentase abu terbang (*fly ash*).

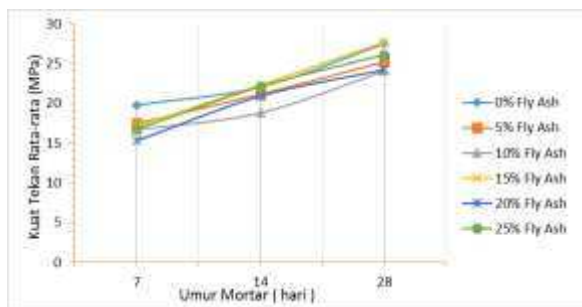
Gambar 1 memperlihatkan bahwa pada umur 7 hari nilai kuat tekan maksimum terjadi pada komposisi campuran mortar normal yaitu 19.77 MPa, sedangkan komposisi campuran dengan *fly ash* 20% memiliki nilai kuat tekan paling minimum yaitu 15.28 MPa.

Pada umur 14 hari nilai kuat tekan dengan komposisi campuran *fly ash* 15% mengalami kenaikan kekuatan tekan dan merupakan nilai kuat tekan maksimum yaitu 22.29 MPa, komposisi campuran dengan *fly ash* 10% menghasilkan nilai minimum yaitu 18.8 MPa.

Pada umur 28 hari terlihat bahwa mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 15% masih mengalami kenaikan nilai kuat tekan dan merupakan variasi dengan nilai kuat tekan maksimal yaitu 27.71 MPa. Penurunan nilai kuat tekan masih terjadi pada mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 10% yaitu 24.06 MPa, ini merupakan nilai kuat tekan minimum.

Dari penjelasan diatas menunjukkan bahwa perkembangan kuat tekan meningkat sesuai dengan bertambahnya umur mortar dan pengaruh dari penambahan kadar *fly ash* memperbaiki kuat tekan mortar pada penggantian *fly ash* dari berat semen sebesar 15%.

Tinggi nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kepadatan mortar. Dengan demikian tingginya nilai kuat tekan kondisi optimum 15% *fly ash* berbanding lurus dengan besarnya berat volume mortar pada kadar *fly ash* 15%.



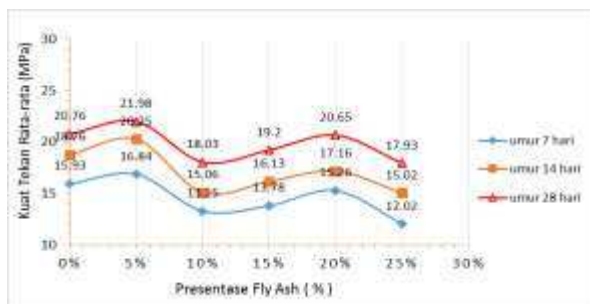
Gambar 2. Hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata dengan persentase abu terbang (*fly ash*) terhadap umur mortar.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar normal pada umur 7 hari merupakan kuat tekan paling besar yaitu 19.77 MPa, namun pada umur 14 hari kuat tekan dengan persentase campuran *fly ash* 15% merupakan kuat tekan paling besar yaitu 22.29 MPa dan 27.71 MPa untuk umur 28 hari. Kuat tekan mortar minimum umur 7 hari pada persentase campuran *fly ash* 20% yaitu 15.28 MPa, pada umur 14 hari kuat tekan mortar minimum pada persentase campuran *fly ash* 10% yaitu 18.80 MPa dan 24.06 MPa untuk mortar umur 28 hari.

Tabel 7. Nilai Kuat Tekan Mortar Rata-Rata proporsi 1Pc:4Ps.

Komposisi Campuran	Kuat Tekan Mortar Rata-Rata, f_c (MPa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Mortar Normal	15.93	18.76	20.76
MKFA-5	16.84	20.25	21.98
MKFA-10	13.25	15.06	18.03
MKFA-15	13.78	16.13	19.20
MKFA-20	15.26	17.16	20.65
MKFA-25	12.02	15.02	17.93

Hasil perhitungan kuat tekan mortar untuk proporsi campuran 1Pc:4Ps dapat dilihat pada grafik hubungan kuat tekan mortar terhadap persentase konsentrasi abu terbang (*fly ash*).



Gambar 3. Hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata terhadap persentase abu terbang (*fly ash*).

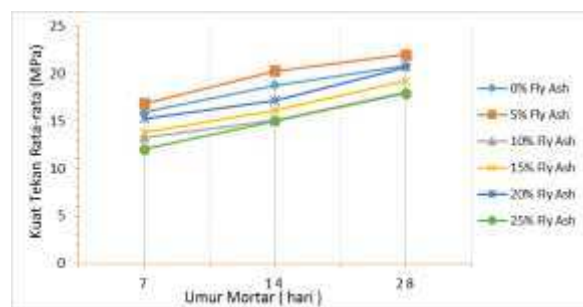
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pada umur 7 hari nilai kuat tekan maksimum terjadi pada komposisi campuran *fly ash* 5% yaitu 16.84 MPa, sedangkan komposisi campuran dengan *fly ash* 25% memiliki nilai kuat tekan paling minimum yaitu 12.02 MPa.

Pada umur 14 hari nilai kuat tekan dengan komposisi campuran *fly ash* 5% mengalami kenaikan kekuatan tekan dan merupakan nilai kuat tekan maksimum yaitu 20.25 MPa, komposisi campuran dengan *fly ash* 25% menghasilkan nilai paling minimum yaitu 15.02 MPa.

Pada umur 28 hari terlihat bahwa mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 5% masih mengalami kenaikan nilai kuat tekan dan merupakan variasi dengan nilai kuat tekan maksimal yaitu 21.98 MPa. Penurunan nilai kuat tekan masih terjadi pada mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 25% yaitu 17.93 MPa, ini merupakan nilai kuat tekan minimum.

Penjelasan diatas menunjukkan bahwa perkembangan kuat tekan meningkat sesuai dengan bertambahnya umur mortar dan pengaruh dari penambahan kadar *fly ash* memperbaiki kuat tekan mortar pada penggantian *fly ash* dari berat semen sebesar 5%.

Tinggi nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kepadatan mortar. Dengan demikian tingginya nilai kuat tekan kondisi optimum 5% *fly ash* berbanding lurus dengan besarnya berat volume mortar pada kadar *fly ash* 5%.



Gambar 4. Hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata dengan persentase abu terbang (*fly ash*) terhadap umur mortar.

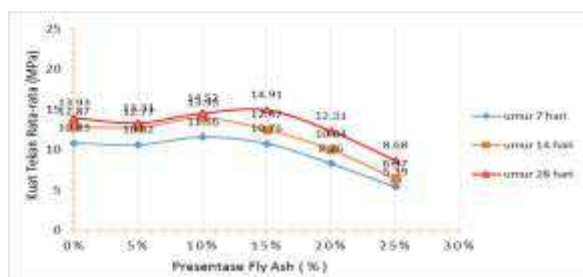
Gambar 4 memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 5% pada umur 7 hari merupakan kuat tekan paling besar yaitu 16.84 MPa, dan pada umur 14 hari kuat tekan dengan persentase campuran *fly ash* 5% masih merupakan kuat tekan paling besar yaitu 20.25 MPa dan mencapai kondisi maksimum umur 28 hari yaitu 21.98 MPa. Kuat tekan mortar minimum umur 7 hari pada

persentase campuran *fly ash* 25% yaitu 12.02 MPa, pada umur 14 hari kuat tekan mortar minimum tetap pada persentase campuran *fly ash* 25% yaitu 15.02 MPa dan 17.93 MPa untuk mortar umur 28 hari.

Tabel 8. Nilai Kuat Tekan Mortar Rata-Rata proporsi 1Pc:5Ps

Komposisi Campuran	Kuat Tekan Mortar Rata-Rata, f_c (MPa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Mortar Normal	10.83	12.87	13.93
MKFA-5	10.62	12.77	13.31
MKFA-10	11.56	13.93	14.52
MKFA-15	10.76	12.47	14.91
MKFA-20	8.26	10.04	12.31
MKFA-25	5.39	6.37	8.68

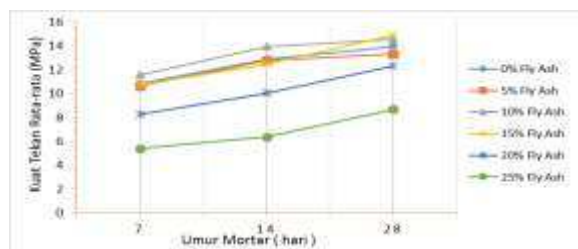
Hasil perhitungan kuat tekan mortar untuk proporsi campuran 1Pc:5Ps dapat dilihat pada grafik hubungan kuat tekan mortar terhadap persentase konsentrasi abu terbang (*fly ash*).



Gambar 5. Hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata terhadap persentase abu terbang (*fly ash*).

Gambar 5 memperlihatkan bahwa pada umur 7 hari nilai kuat tekan maksimum terjadi pada komposisi campuran *fly ash* 10% yaitu 11.56 MPa, sedangkan komposisi campuran dengan *fly ash* 25% memiliki nilai kuat tekan paling minimum yaitu 5.39 MPa. Pada umur 14 hari nilai kuat tekan dengan komposisi campuran *fly ash* 10% mengalami kenaikan kekuatan tekan dan merupakan nilai kuat tekan maksimum yaitu 13.93 MPa, komposisi campuran dengan *fly ash* 25% menghasilkan nilai paling minimum yaitu 6.37 MPa. Pada umur 28 hari terlihat bahwa mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 15% merupakan nilai kuat tekan maksimal yaitu 14.91 MPa. Penurunan nilai kuat tekan masih terjadi pada mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 25% yaitu 8.68 MPa, ini merupakan nilai kuat tekan minimum. Dari penjelasan diatas menunjukkan Perkembangan kuat tekan meningkat sesuai dengan bertambahnya umur mortar dan pengaruh dari penambahan kadar *fly ash* memperbaiki kuat tekan mortar pada

penggantian *fly ash* dari berat semen sebesar 15%. Tinggi nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kepadatan mortar. Dengan demikian tingginya nilai kuat tekan kondisi optimum 15% *fly ash* berbanding lurus dengan besarnya berat volume mortar pada kadar *fly ash* 15%.

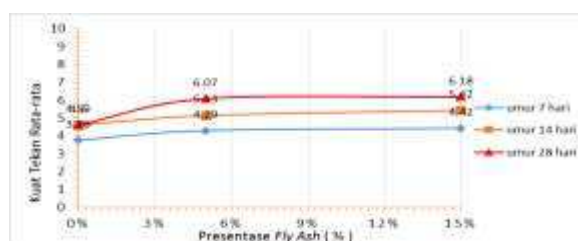


Gambar 6. Hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata dengan persentase abu terbang (*fly ash*) terhadap umur mortar.

Gambar 6 memperlihatkan bahwa kuat tekan mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 10% pada umur 7 hari merupakan kuat tekan paling besar yaitu 11.56 MPa, dan pada umur 14 hari kuat tekan dengan persentase campuran *fly ash* 10% masih merupakan kuat tekan paling besar yaitu 13.93 MPa namun pada umur 28 hari kuat tekan mortar mencapai kondisi maksimum dengan komposisi campuran *fly ash* 15% yaitu 14.91 MPa. Kuat tekan mortar minimum umur 7 hari pada persentase campuran *fly ash* 25% yaitu 5.39 MPa, pada umur 14 hari kuat tekan mortar minimum tetap pada persentase campuran *fly ash* 25% yaitu 6.37 MPa dan 8.68 MPa untuk mortar umur 28 hari.

Tabel 9. Nilai Kuat Tekan Mortar Rata-Rata proporsi 1Pc:8Ps

Komposisi Campuran	Kuat Tekan Mortar Rata-Rata, f_c (MPa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
Mortar Normal	3.76	4.59	4.60
MKFA-5	4.29	5.13	6.07
MKFA-10	-	-	-
MKFA-15	4.42	5.42	6.18
MKFA-20	-	-	-
MKFA-25	-	-	-



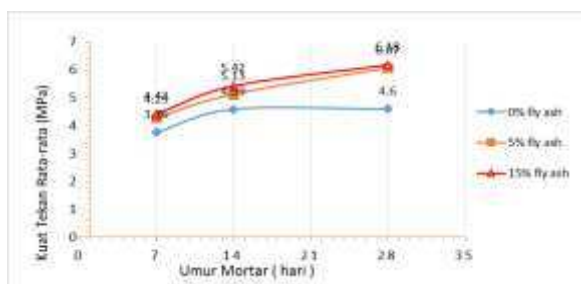
Gambar 7. Hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata terhadap persentase abu terbang (*fly ash*).

Gambar 7 memperlihatkan bahwa pada umur 7 hari nilai kuat tekan maksimum terjadi pada komposisi campuran *fly ash* 15% yaitu 4.42 MPa, sedangkan komposisi campuran normal memiliki nilai kuat tekan paling minimum yaitu 3.76 MPa.

Pada umur 14 hari nilai kuat tekan dengan komposisi campuran *fly ash* 15% mengalami kenaikan kekuatan tekan dan merupakan nilai kuat tekan maksimum yaitu 5.42 MPa, komposisi campuran normal menghasilkan nilai paling minimum yaitu 4.59 MPa.

Pada umur 28 hari terlihat bahwa mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 15% merupakan nilai kuat tekan maksimal yaitu 6.18 MPa. komposisi campuran normal menghasilkan nilai paling minimum yaitu 4.60 MPa.

Penjelasan diatas menunjukkan bahwa perkembangan kuat tekan meningkat sesuai dengan bertambahnya umur mortar dan pengaruh dari penambahan kadar *fly ash* memperbaiki kuat tekan mortar pada penggantian *fly ash* dari berat semen sebesar 15%. Kadar optimum *fly ash* 15% sempurna memperbaiki kinerja walaupun memiliki berat volume yang rendah namun menghasilkan kuat tekan yang tinggi.



Gambar 8. Hubungan antara kuat tekan mortar rata-rata dengan persentase abu terbang (*fly ash*) terhadap umur mortar.

Dari Gambar 8. dapat dilihat bahwa kuat tekan mortar dengan komposisi campuran *fly ash* 15% pada umur 7 hari merupakan kuat tekan paling besar yaitu 4.42 MPa, dan pada umur 14 hari kuat tekan dengan persentase campuran *fly ash* 15% masih merupakan kuat tekan paling besar yaitu 5.42 MPa.

Pada umur 28 hari kuat tekan mortar mencapai kondisi maksimum dengan komposisi campuran *fly ash* 15% yaitu 6.18 MPa. Kuat tekan mortar minimum umur 7 hari pada persentase campuran normal yaitu 3.76 MPa, pada umur 14 hari kuat tekan mortar minimum tetap pada persentase campuran normal yaitu 4.59 MPa dan 4.60 MPa untuk mortar umur 28 hari.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Ditinjau dari Berat volume.

- Berat volume mortar normal pada proporsi 1Pc:3Ps sebanyak 2068.1 kg/m³, menurun pada kondisi optimum 15% *fly ash* sebesar 0.478% yaitu 2058.2 kg/m³.
- Mortar normal proporsi 1Pc:4Ps sebanyak 2080.3 kg/m³, menurun pada kondisi optimum 5% *fly ash* sebesar 0.394% sebanyak 2070.8 kg/m³.
- Mortar normal proporsi 1Pc:5Ps sebanyak 2106.4 kg/m³, menurun pada kondisi optimum 15% *fly ash* sebesar 2.796 % sebanyak 2047.5 kg/m³.
- Mortar normal proporsi 1Pc:8Ps sebanyak 1844.2 kg/m³ menurun pada kondisi optimum 15% *fly ash* sebesar 1.908% sebanyak 1809.0 kg/m³.

2. Ditinjau dari nilai kuat tekan optimum :

- Nilai kuat tekan optimum mortar pada proporsi 1Pc:3Ps menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen sebanyak 15% sebesar 27.71 MPa.
- Nilai kuat tekan optimum mortar pada proporsi 1Pc:4Ps menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen sebanyak 5% sebesar 21.98 MPa.
- Nilai kuat tekan optimum mortar pada proporsi 1Pc:5Ps menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen sebanyak 15% sebesar 14.91 MPa.
- Nilai kuat tekan optimum mortar pada proporsi 1Pc:8Ps menggunakan abu terbang (*fly ash*) sebagai substitusi parsial semen sebanyak 15% sebesar 6.18 MPa.

3. Pemanfaatan dalam bidang non struktural :

- Pada kuat tekan optimum proporsi 1Pc:3Ps, 1Pc:4Ps masuk dalam persyaratan mortar tipe M, kuat tekan optimum proporsi 1Pc:5Ps masuk dalam persyaratan mortar tipe N dan kuat tekan optimum proporsi 1Pc:8Ps masuk dalam persyaratan mortar tipe S sesuai dengan syarat ketentuan Menurut ASTM C270
- Pada kuat tekan optimum proporsi 1Pc:3Ps, 1Pc:4Ps dan 1Pc:5Ps dapat di terapkan pada pembuatan bata beton berlubang karena masuk dalam persyaratan mutu I dan Pada kuat tekan optimum proporsi 1Pc:8Ps masuk dalam persyaratan mutu II, sesuai dengan syarat ketentuan SK SNI S-04-1989-F

- Pada kuat tekan optimum proporsi 1Pc:3Ps, 1Pc:4Ps dan 1Pc:5Ps dapat di terapkan pada pembuatan *paving block* karena masuk dalam persyaratan mutu B (tempat parkir), mutu C (pejalan kaki) dan mutu D (taman kota), sesuai dengan syarat ketentuan SNI 03-0691-1996.
 - Pada kuat tekan optimum proporsi 1Pc:3Ps, 1Pc:4Ps dan 1Pc:5Ps dapat di terapkan pada pembuatan batako karena masuk dalam persyaratan kuat tekan minimum mutu I, pada Proporsi 1Pc:8Ps pada persyaratan kuat tekan minimum mutu III, sesuai dengan syarat ketentuan SNI 03-0349-1989.
 - Pada kuat tekan optimum proporsi 1Pc:8Ps dapat diterapkan pada pembuatan *Hollow Brick* karena masuk dalam persyaratan bata beton berlubang mutu II sesuai dengan syarat ketentuan SNI S-04-1989-F.
2. Sebaiknya pada awal proses pencampuran semen, *fly ash* dan pasir, dilakukan secara manual sebelum menggunakan mesin pengaduk, agar bahan tercampur merata sehingga hasil pengujian kuat tekan bisa lebih akurat.
 3. Dalam proses pemadatan diharapkan agar awal pemadatan menggunakan cara manual kemudian digetarkan dengan mesin penggetar.
 4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada penambahan *fly ash* sebesar 10% dari berat semen.
 5. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai bahan-bahan mineral lainnya yang memiliki sifat pozzolan selain *fly ash*.
 6. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan F.A.S terhadap kuat tekan mortar dengan menggunakan *fly ash* sebagai bahan substitusi parsial dari semen.
 7. Dengan nilai kuat tekan optimum yang memenuhi standar dapat dimanfaatkan oleh pengusaha kecil dalam pembuatan keterampilan dari bahan campuran mortar seperti buis beton, roster dan aneka keterampilan yang termasuk dalam pekerjaan non struktural.

Saran

1. Pada pelaksanaan pencampuran bahan yang menggunakan *fly ash* sebagai bahan tambah ataupun bahan substitusi parsial semen, diharuskan memakai alat pelindung seperti masker dan sarung tangan, karena bahan *fly ash* tergolong dalam Limbah B3 (bahan beracun dan berbahaya).

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 618, *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*.
- Balai Riset Dan Standardisasi Industri Manado, 2014. “*Hasil Analisis Pengujian Kimia, Fisik Dan Mikrobiologi*.”
- Maryoto. A., 2010. *Pengaruh Penggunaan High Volume Fly Ash Pada Kuat Tekan Mortar*.
- SK SNI S-04-1989-F, *Bata Beton Berlubang Bata Beton Berlubang (Hollow Brick)*.
- SK SNI. 03-0.49-1989, *Persyaratan Kuat Tekan Minimum batako Pejal Sebagai Bahan Bangunan Dinding*.
- SK SNI. T-04-1990-F, “*Klasifikasi Paving Block*”
- SNI. 03-2460-1991, *Spesifikasi Abu Terbang Sebagai Bahan Tambah Untuk Campuran Beton*.
- SNI. 03-6825-2002, *Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil*.
- SNI. 03-6882-2002, *Spesifikasi Mortar Untuk Pekerjaan Pasangan*, Badan Standar Nasional, Jakarta.